

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-233424

(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G01J 1/02

G01M 11/02

G03F 7/20

(21)Application number : 10-042836

(71)Applicant : NIKON CORP

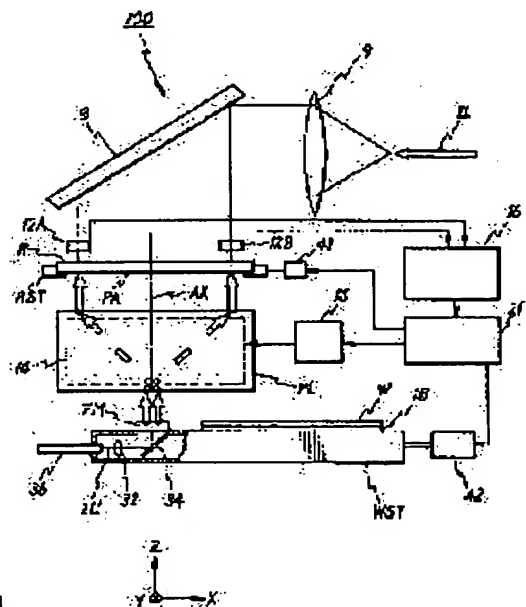
(22)Date of filing : 09.02.1998

(72)Inventor : IMAI YUJI

(54) PROJECTION OPTICAL DEVICE, ABERRATION MEASURING METHOD, PROJECTION METHOD, AND MANUFACTURE OF DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable measurement of various aberration of a projection optical system with a higher precision.  
**SOLUTION:** As a mark plate FM having a first mark and a second mark formed thereon is illuminated by a measurement illumination light IL' from a measurement illumination system (36, 32, 34), the measurement illumination light IL' passes through the mark plate FM and forms optical images, that is, enlarged images of the first mark and the second mark, on the lower side of a reticle R via a reduction projection optical system PL. The enlarged images of the first mark and the second mark are detected by photoelectectors 12A and 12B, and the positional relation between the image of the first mark and the image of the second mark, and the aberration of the projection optical system PL based on the positional relation, are found by a processing unit 16 on the basis of the result of detection by the photodetectors. In this case, since the aberration of the projection optical system PL is found using the positional relation of the enlarged images, it is possible to measure the aberration of the projection optical system PL obviously at a higher precision than in the case where the aberration is based on the positional relation of reduced images.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-233424

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I	
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 6 A
G 0 1 J 1/02		G 0 1 J 1/02	A
G 0 1 M 11/02		G 0 1 M 11/02	
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数18 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-42836

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月9日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 今井 裕二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

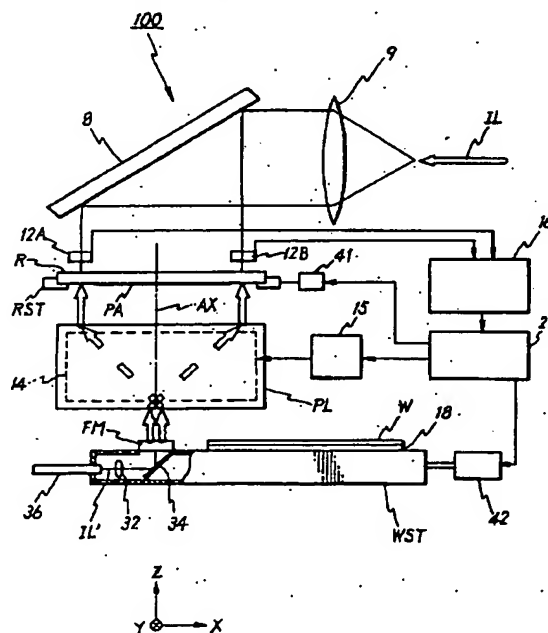
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影光学装置、収差測定方法、及び投影方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系の諸収差をより高精度に測定する。

【解決手段】 測定用照明系(36、32、34)からの測定用照明光IL'により第1マークと第2マークが形成されたマーク板FMが照明されると、その測定用照明光IL'がマーク板FMを経由し、縮小投影光学系PLを介してレチクルRの下面上に光像、すなわち第1マークと第2マークの拡大像を結像する。この第1マークと第2マークの拡大像が光検出器12A、12Bで検出され、処理装置16により光検出器での検出結果に基づき、第1マークの像と第2マークの像の相互の位置関係及びそれに基づく投影光学系PLの収差が求められる。この場合、拡大像の位置関係を用いて投影光学系PLの収差を求めるので、縮小像の位置関係に基づく場合に比べて明らかに高精度に投影光学系PLの収差を測定することが可能になる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の面上に形成されたパターンを第2の面上に縮小投影する投影光学系の収差を測定する投影光学装置であって、

特定の関係を有する第1マークと第2マークとを含む複合マークが形成され、前記第2の面上に配置されたマーク板に測定用照明光を照射する測定用照明系と；前記マーク板を経由し、前記投影光学系を介した前記測定用照明光が形成する前記第1の面上の光像を検出する光検出器と；前記光検出器での検出結果に基づき、前記第1の面上に投影された前記第1マークの像と第2マークの像との相互の位置関係を求め、その位置関係に基づいて前記投影光学系の収差を求める処理装置とを備える投影光学装置。

【請求項2】 前記収差は、前記投影光学系の光軸方向に対して垂直な方向に関する収差であることを特徴とする請求項1に記載の投影光学装置。

【請求項3】 前記収差は、前記投影光学系のコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方であることを特徴とする請求項1に記載の投影光学装置。

【請求項4】 前記第1マークは、前記第2マークに包含されたマークであることを特徴とする請求項1に記載の投影光学装置。

【請求項5】 前記第1マークは、前記第2マークと同一方向に並んで配置された線幅の異なるマークであることを特徴とする請求項1に記載の投影光学装置。

【請求項6】 前記第1マークは、線幅の異なる複数のマークから形成されていることを特徴とする請求項4に記載の投影光学装置。

【請求項7】 前記第1の面上に配置されるとともにパターンが形成された第1物体に露光用照明光を照射する露光用照明系と；前記露光用照明光が照射された前記パターンが前記投影光学系を介して転写される第2物体を前記第2の面上に保持するステージとを更に備える請求項1に記載の投影光学装置。

【請求項8】 前記処理装置により求められた前記投影光学系の収差に基づき、前記投影光学系の収差を補正する結像特性調整装置を更に備えることを特徴とする請求項7に記載の投影光学装置。

【請求項9】 前記測定用照明光の波長は、前記露光用照明光の波長と同一であることを特徴とする請求項7に記載の投影光学装置。

【請求項10】 前記マーク板は、前記ステージ上に配設されることを特徴とする請求項7に記載の投影光学装置。

【請求項11】 第1の面上に形成されたパターンを第2の面上に縮小投影する投影光学系の収差を測定する収差測定方法であって、  
特定の関係を有する第1マークと第2マークとを含む複合マークが形成されるとともに前記第2の面上に配置さ

れたマーク板に、測定用照明光を照射する第1工程と；  
前記マーク板を経由し、前記投影光学系を介した前記測定用照明光が形成する前記第1の面上の光像を検出する第2工程と；前記第2工程における検出結果に基づき、  
前記第1の面上に投影された前記第1マークの像と第2マークの像との位置関係を求め、その位置関係に基づいて前記投影光学系の収差を求める第3工程とを備える収差測定方法。

【請求項12】 前記収差は、前記投影光学系の光軸方向に対して垂直な方向に関する収差であることを特徴とする請求項11に記載の収差測定方法。

【請求項13】 前記収差は、前記投影光学系のコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方であることを特徴とする請求項11に記載の収差測定方法。

【請求項14】 第1の面上に配置された第1物体に形成されたパターンを投影光学系を介して第2の面上に配置された第2物体に縮小投影する投影方法であって、  
特定の関係を有する第1マークと第2マークとを含む複合マークが形成されるとともに前記第2の面上に配置されたマーク板に、測定用照明光を照射する第1工程と；  
前記マーク板を経由し、前記投影光学系を介した前記測定用照明光が形成する前記第1の面上の光像を検出する第2工程と；前記第2工程における検出結果に基づき、  
前記第1の面上に投影された前記第1マークの像と第2マークの像との位置関係を求め、その位置関係に基づいて前記投影光学系の収差を求める第3工程と；前記第3工程で求められた前記投影光学系の収差を補正する第4工程と；前記第1物体に露光用照明光を照射し、前記第4工程で収差補正された前記投影光学系を介して、前記第1物体に形成されたパターンを前記第2物体に投影する第5工程とを含む投影方法。

【請求項15】 前記収差は、前記投影光学系の光軸方向に対して垂直な方向に関する収差であることを特徴とする請求項14に記載の投影方法。

【請求項16】 前記収差は、前記投影光学系のコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方であることを特徴とする請求項14に記載の投影方法。

【請求項17】 前記測定用照明光の波長は、前記露光用照明光の波長と同一であることを特徴とする請求項14に記載の投影方法。

【請求項18】 請求項14又は17に記載の投影方法を露光工程において用いることを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影光学装置、収差測定方法、及び投影方法、並びにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、縮小投影光学系の収差を測定する投影光学装置及び収差測定方法、及びこの収差測定方法により収差が測定された投影光学系を用いて第1物体の

パターンを第2物体に投影する投影方法、並びにこの投影方法を露光工程で用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をリソグラフィ工程で製造する際に、種々の投影露光装置が使用されており、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを、投影光学系を介して表面にフォトリソ等感光剤が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写する投影露光装置、例えばステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）、あるいはステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（いわゆるスキャンニング・ステッパ）等が用いられている。

【0003】ところで、半導体素子等を製造する場合には、異なる回路パターンを基板上に幾層にも積み重ねて形成する必要があるため、回路パターンが描画されたレチクルと、基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンとを精確に重ね合わせることが重要である。このため、投影露光装置に用いられる投影光学系は、倍率、ディストーション、コマ収差等の諸収差（結像性能）が良好であることが必然的に要請される。

【0004】従来の投影光学系の上記諸収差の測定は、異なる線幅のマスクパターンを基板上に転写（縮小投影）し、その転写されたマスクパターン中の異なる線幅のパターン相互の位置ずれを所定の計測器で計測し、この計測結果を用いて所定の演算を行うことにより、なされていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、集積回路等は年々高集積化しており、これに伴って回路パターンの最小線幅（デバイスルール）も年々微細化の傾向を強め、これに伴い上記の位置ずれ計測で計測すべきパターン相互の位置ずれ量（計測すべき収差量）が小さくなってきた。このため、計測器の分解能が不足してきて、精度良く収差量を計ることができないという不都合が生じるようになってきた。将来的に、デバイスルールは、更に微細化することが確実であるため、今や投影光学系の諸収差をより高精度に測定するための技術の開発は急務である。

【0006】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、投影光学系の諸収差をより高精度に測定することができる投影光学装置及び収差測定方法を提供することにある。

【0007】また、本発明の第2の目的は、投影光学系の諸収差を高精度に測定するとともに、その測定結果に基づいて投影光学系の収差を調整し、第1物体のパターンを第2物体に精度良く投影することができる投影光学装置及び投影方法を提供することにある。

【0008】さらに、本発明の第3の目的は、高集積度

のマイクロデバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、第1の面上に形成されたパターンを第2の面上に縮小投影する投影光学系（PL）の収差を測定する投影光学装置であって、特定の関係を有する第1マーク（M1）と第2マーク（M2）とを含む複合マーク（M）が形成されるとともに前記第2の面上に配置されたマーク板（FM）に測定用照明光（IL'）を照射する測定用照明系（32、34、36）と；前記マーク板を經由し、前記投影光学系（PL）を介した前記測定用照明光が形成する前記第1の面上の光像を検出する光検出器（12A、12B）と；前記光検出器での検出結果に基づき、前記第1の面上に投影された前記第1マークの像と第2マークの像との相互の位置関係を求め、その位置関係に基づいて前記投影光学系の収差を求める処理装置（16）とを備える。

【0010】ここで、特定の関係を有するとは、第1マーク（M1）と第2マーク（M2）とを投影光学系を介して第1の面上に投影したそれぞれの像の相対位置関係が計測可能な関係を意味し、例えば第1マークと第2マークとがそれぞれ単一のバーマークから成り、同一方向に並んだ線幅の同じマークである場合のように、マークの投影像相互の相対位置関係の計測が困難となるような場合を除く趣旨である。

【0011】これによれば、測定用照明系からの測定用照明光によりマーク板が照明されると、その測定用照明光がマーク板を經由し、投影光学系を介して第1の面上に光像、すなわちマーク板上の第1マークと第2マークの投影像を形成（結像）する。この第1マークと第2マークの投影像が光検出器で検出される。そして、処理装置により、光検出器での検出結果に基づき、第1の面上に投影された第1マークの像と第2マークの像との相互の位置関係が求められるとともに、その位置関係に基づいて投影光学系の収差が求められる。この場合の収差測定の原理は次の通りである。

【0012】すなわち、投影光学系に収差がなければ、処理装置により求められる第1マークの像と第2マークの像はマーク板上の第1マークと第2マークとの位置関係を保ったまま投影光学系の縮小倍率の逆数倍の倍率で拡大した設計値通りの拡大像（以下、便宜上「設計上の拡大像」と呼ぶ）となる筈である。従って、実際に第1の面上に形成された第1マークの像と第2マークの像との位置関係と前記設計上の拡大像に含まれる各マーク像相互の位置関係とに差があれば、この差は投影光学系の収差と所定の関係があることになる。これを利用し、第1マークの像と第2マークの像との位置関係を用いて、所定の演算を行うことにより、投影光学系の収差を求めるのである。この場合、拡大像の位置関係を用いて投影

光学系の収差を求めるので、従来例の如く、縮小像の位置関係に基づく場合に比べて明らかに高精度に投影光学系の収差を測定することが可能になる。

【0013】ここで、投影光学系の収差には種々のものがあるが、請求項1に記載の発明に係る投影光学装置においては、請求項2に記載の発明の如く、前記収差は前記投影光学系(PL)の光軸(AX)方向に対して垂直な方向に関する収差であることが好ましい。上述した収差測定の原理から明らかなように、請求項1に記載の発明は、かかる収差の測定により適するからである。

【0014】より具体的には、請求項3に記載の発明の如く、前記収差は、前記投影光学系(PL)のコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方であることが望ましい。前者のコマ収差は、投影光学系(レンズ)の種々の輪帯で倍率が異なることに起因する収差であり、後者の歪曲収差は物体に対して形成された像が元の物体と相似でない状態の収差であり、投影光学系の倍率が所々で異なることに起因する収差であるから、両者ともに請求項1に記載の発明に係る投影光学装置による測定に適するからである。

【0015】上記請求項1に記載の発明において、計測用マークの構成は種々考えられるが、請求項4に記載の発明の如く、前記第1マークは、前記第2マークに包含されたマークであっても良く、あるいは請求項5に記載の発明の如く、前記第1マークは、前記第2マークと同一方向に並んで配置された線幅の異なるマークであっても良い。また、請求項4に記載の発明において、請求項6に記載の発明の如く、前記第1マークは、線幅の異なる複数のマークから形成されていても良い。

【0016】請求項7に記載の発明は、請求項1に記載の投影光学装置において、前記第1の面上に配置されるとともにパターンが形成された第1物体(R)に露光用照明光(IL)を照射する露光用照明系(8、9等)と；前記露光用照明光が照射された前記パターンが前記投影光学系(PL)を介して転写される第2物体(W)を前記第2の面上に保持するステージ(WST)とを更に備える。

【0017】これによれば、前述の如く、投影光学系の収差を高精度に測定することができるので、この測定された収差が小さくなるように、例えばマニュアル操作により、投影光学系の結像特性を調整することができる。このようにして結像特性を調整した状態で、第1の面上に配置された第1物体が露光用照明系からの露光用照明光で照明されると、第1物体のパターンが投影光学系を介して基板ステージにより第2の面上に保持された第2物体に正確に縮小投影され、パターンの縮小像が第2物体に転写される。

【0018】この場合において、投影光学系の収差の補正は上述の如くマニュアル操作により行っても良いが、請求項8に記載の発明の如く、前記処理装置(16)に

より求められた前記投影光学系(PL)の収差に基づき、前記投影光学系の収差を補正する結像特性調整装置(14、15、21)を更に備えることが望ましい。かかる場合には、結像特性調整装置により投影光学系の収差が自動的に補正されるので、操作性が向上する。また、この場合、請求項9に記載の発明の如く、前記測定用照明光(IL')の波長は、前記露光用照明光(IL)の波長と同一であることが望ましい。かかる場合には、露光波長を用いた収差測定に基づいて投影光学系の収差を調整できるので、露光波長と測定波長との色収差に起因する投影光学系の収差補正誤差の発生を防止することができ、結果的に一層高精度に投影光学系の結像特性(結像性能)を調整した状態で第1物体のパターンを第2物体に転写することが可能になる。

【0019】上記請求項7に記載の投影光学装置において、請求項10に記載の発明の如く、前記マーク板(FM)は、前記ステージ(WST)上に配設されていても良い。

【0020】請求項11に記載の発明は、第1の面上に形成されたパターンを第2の面上に縮小投影する投影光学系(PL)の収差を測定する収差測定方法であって、特定の関係を有する第1マーク(M1)と第2マーク(M2)とを含む複合マーク(M)が形成されるとともに前記第2の面上に配置されたマーク板(FM)に、測定用照明光(IL')を照射する第1工程と；前記マーク板を経由し、前記投影光学系を介した前記測定用照明光が形成する前記第1の面上の光像を検出する第2工程と；前記第2工程における検出結果に基づき、前記第1の面上に投影された前記第1マークの像と第2マークの像との位置関係を求め、その位置関係に基づいて前記投影光学系の収差を求める第3工程とを含む。ここで、特定の関係を有するとは、請求項1で説明した通りである。

【0021】これによれば、第1工程において、測定用照明光によりマーク板が照明されると、その測定用照明光がマーク板を経由し、投影光学系を介して第1の面上に光像、すなわちマーク板上の第1マークと第2マークの投影像を形成(結像)する。第2工程において、この第1マークと第2マークの投影像が検出され、第3工程において、第2工程における検出結果に基づき、第1の面上に投影された第1マークの像と第2マークの像との相互の位置関係が求められるとともに、投影光学系の収差が求められる。この場合の収差測定の原理は請求項1で説明した通りである。従って、拡大像の位置関係を用いて投影光学系の収差を求めるので、従来例の如く、縮小像の位置関係に基づく場合に比べて明らかに高精度に投影光学系の収差を測定することが可能になる。

【0022】ここで、投影光学系の収差には種々のものがあるが、請求項11に記載の発明に係る収差測定方法においては、請求項12に記載の発明の如く、前記収差

は前記投影光学系(PL)の光軸(AX)方向に対して垂直な方向に関する収差であることが好ましい。上述した収差測定の原理から明らかなように、請求項11に記載の発明は、かかる収差の測定により適するからである。

【0023】より具体的には、請求項13に記載の発明の如く、前記収差は、前記投影光学系(PL)のコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方であることが望ましい。理由は、請求項3で説明した通りである。

【0024】請求項14に記載の発明は、第1の面上に配置された第1物体(R)に形成されたパターンを投影光学系(PL)を介して第2の面上に配置された第2物体(W)に縮小投影する投影方法であって、特定の関係を有する第1マーク(M1)と第2マーク(M2)とを含む複合マーク(M)が形成されるとともに前記第2の面上に配置されたマーク板(FM)に、測定用照明光(IL')を照射する第1工程と；前記マーク板を経由し、前記投影光学系を介した前記測定用照明光が形成する前記第1の面上の光像を検出する第2工程と；前記第2工程における検出結果に基づき、前記第1の面上に投影された前記第1マークと第2マークとの位置関係を求め、前記投影光学系の収差を求める第3工程と；前記第3工程で求められた前記投影光学系の収差を補正する第4工程と；前記第1物体に露光用照明光(IL)を照射し、前記第4工程で収差補正された前記投影光学系を介して、前記第1物体に形成されたパターンを前記第2物体に投影する第5工程とを含む。

【0025】これによれば、上記請求項11の発明と同様に第1～第3工程の処理により、投影光学系の収差が高精度に測定され、第4工程において、測定された投影光学系の収差が補正される。そして、第5工程において、第1物体に露光用照明光を照射し、第4工程で収差補正された投影光学系を介して第1物体に形成されたパターンを第2物体に投影する。これにより、第1物体のパターンが投影光学系を介して第2物体に正確に縮小投影され、パターンの縮小像が第2物体に転写される。

【0026】ここで、投影光学系の収差には種々のものがあるが、請求項14に記載の発明に係る投影方法においては、請求項15に記載の発明の如く、前記収差は前記投影光学系(PL)の光軸(AX)方向に対して垂直な方向に関する収差であることが好ましい。より具体的には、請求項16に記載の発明の如く、前記収差は、前記投影光学系のコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方であることが望ましい。

【0027】また、この場合、請求項17に記載の発明の如く、前記測定用照明光(IL')の波長は、前記露光用照明光(IL)の波長と同一であることが望ましい。かかる場合には、露光波長を用いた収差測定に基づいて投影光学系の収差を調整できるので、露光波長と測定波長との色収差に起因する投影光学系の収差補正誤差

の発生を防止することができ、結果的に一層高精度に投影光学系の結像特性(結像性能)を調整した状態で第1物体のパターンを第2物体に転写することが可能になる。

【0028】請求項18に記載の発明に係るデバイス製造方法は、請求項14又は17に記載の投影方法を露光工程において用いることを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1～図6に基づいて説明する。図1には、本発明に係る投影光学装置の一実施形態の投影露光装置100が示されている。この投影露光装置100は、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置(いわゆるステッパ)である。

【0030】この投影露光装置100は、不図示の光源とコンデンサレンズ系9や折り曲げミラー8等を含む照明光学系とから成る照明系、第1物体としてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、投影光学系PL内に設けられ倍率等の結像性能を補正する結像性能補正機構14、結像性能補正機構14を制御するレンズコントローラ15、第2物体としてのウエハWを保持してXY面内を2次元移動するウエハステージWST、及びこれらの制御系等を備えている。

【0031】前記照明系は、光源、照度均一化光学系、レチクルブラインド、リレーレンズ系(いずれも図示せず)、コンデンサレンズ系9及び折り曲げミラー8等を含んで構成されている。ここで、この照明系の構成各部についてその作用とともに簡単に説明すると、不図示の光源で発生した露光光としての照明光ILは不図示のシャッターを通過した後、照度均一化光学系により照度分布(強度分布)がほぼ均一な光束に変換される。照明光ILとしては、例えば、超高圧水銀ランプの紫外域の輝線(g線、i線)、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)やArFエキシマレーザ光(波長193nm)、あるいはF<sub>2</sub>エキシマレーザ光(波長157nm)等が用いられる。

【0032】照度均一化光学系により照度が均一化された照明光ILは、レチクルRのパターン面(図1における下面)と共役な位置に配置され正方形の開口が形成された不図示のレチクルブラインド(視野絞り)を照明する。このレチクルブラインドを通過した光束は、コンデンサレンズ系9を介して折り曲げミラー8に至り、ここで鉛直下方に折り曲げられ、回路パターン等が描かれたレチクルRの前記レチクルブラインドによって規定された正方形の照明領域を均一な照度で照明する。

【0033】前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。なお、レチクルRに用いる材質は、使用する光源によって使い分ける必要がある。すなわち、KrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光を光源とする場合は、合成石

英を用いることができるが、 $F_2$ エキシマレーザ光を用いる場合は、蛍石で形成する必要がある。

【0034】レチクルステージRSTは、不図示のレチクルベース上を駆動系41により投影光学系PLの光軸AXに直交するXY面内で微小駆動可能に構成されている。このレチクルステージRSTの位置は、不図示のレチクルレーザ干渉計システムによって例えば0.5~1nm以下の分解能で常時計測されており、この干渉計システムからのレチクルステージRSTの位置情報は、主制御装置21に送られ、主制御装置21ではレチクルステージRSTの位置情報に基づいて駆動系41を介してレチクルステージRSTを制御する。

【0035】前記レチクルRの上方には、レチクルRのパターン領域PAの外側の透明部（より正確には、通常レチクルアライメントマークが形成される部分）にそれぞれ対向して、光検出器としての一对のレチクルアライメント顕微鏡（以下、適宜「レチクル顕微鏡」という）12A、12Bが配置されている。これらのレチクルアライメント顕微鏡12A、12Bは、主たる目的として、レチクルRの初期位置設定、すなわちレチクルアライメントのために設けられている（このレチクルアライメントについては後述する）。本実施形態では、これらのレチクルアライメント顕微鏡12A、12Bとして2次元CCDセンサを有する画像処理方式の結像式センサが用いられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡12A、12Bからの撮像信号が処理装置としての画像処理装置16に供給され、この画像処理装置16では、水平面の所定範囲内でレチクルアライメント顕微鏡12A、12Bを移動させながら行われる後述の種々の収差測定にあたって、位置ずれ計測を行い、その計測結果を主制御装置21に通知するようになっている。

【0036】また、この場合、後述するようにしてレチクルアライメント顕微鏡12A、12Bにより所定の基準位置にレチクルRが精度良く位置決めされるように、レチクルステージRSTの初期位置が決定されるため、レチクルステージRST上に設けられた不図示の反射面の位置をレチクル干渉計システムにより計測するだけでレチクルRの位置を十分高精度に計測したことになる。

【0037】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AX（照明光学系の光軸に一致）の方向がZ軸方向とされている。この投影光学系PLは、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/4（あるいは1/5）を有する縮小光学系である。このため、照明光学系からの照明光ILによってレチクルRが照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してレチクルRのパターン領域PAの回路パターンが表

面にフォトリソが塗布されたウエハW上に縮小投影される。

【0038】また、投影光学系PLの内部には、前記の如く、結像性能補正機構14が設けられている。この結像性能補正機構14としては、本実施形態では、図2に示されるように、投影光学系PLを構成する複数のレンズエレメントの内、特定の複数（ここでは5つ）のレンズ群22、23、24、25、26のそれぞれを、ピエゾ素子などの圧電素子27、28、29、30、31を用いて独立に光軸AX方向（Z方向）及びXY面に対する傾斜方向に駆動可能とした機構が用いられている。前記レンズ群22、23、24、25、26は、それぞれのホルダを介して各3つのピエゾ素子27、28、29、30、31によって鏡筒PPに対して3点で支持されている。このため、各3つのピエゾ素子27、28、29、30、31のそれぞれを独立して駆動することにより、各レンズ群22、23、24、25、26を光軸AX方向（Z方向）及びXY面に対する傾斜方向に駆動できるようになっている。

【0039】本実施形態では、後述するように、上記結像性能補正機構14によって、倍率、ディストーション、コマ収差等の諸収差を補正するようになり、この結像性能補正機構14とレンズコントローラ15と主制御装置21とによって、レチクルRのパターン像の結像特性を補正する結像特性補正装置が構成されている。

【0040】なお、照明光ILとしてKrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光を用いる場合には、投影光学系PLを構成する各レンズエレメントとしては合成石英等を用いることができるが、 $F_2$ エキシマレーザ光を用いる場合には、この投影光学系PLに使用されるレンズの材質は、全てホタル石が用いられる。

【0041】図1に戻り、前記ウエハステージWSTは、不図示のベース上をX軸方向（図1における左右方向）及びこれに直交するY軸方向（図1における紙面直交方向）に移動可能に構成されている。このウエハステージWSTは、実際には、2次元平面モータ等によって前記ベース上でXY2次元方向に駆動されるようになっているが、図1ではこの2次元平面モータが図示の便宜上からウエハ駆動装置42として図示されている。このウエハ駆動装置42は、ウエハステージWST上に設けられたウエハホルダ18の上下動機構をも兼ねるものである。ウエハホルダ18によってウエハWが吸着保持されている。

【0042】前記ウエハステージWSTのXY面内の位置は、不図示のウエハレーザ干渉計システムによって例えば0.5~1nm程度の分解能で常時計測されており、この干渉計システムからのウエハステージWSTの位置情報は、主制御装置21に送られ、主制御装置21ではウエハステージWSTの位置情報に基づいてウエハ



駆動装置42を介してウエハWをXY面内で位置制御する。

【0043】また、ウエハステージWSTの上面には、マーク板FMが設けられている。このマーク板FM上には、図3の平面図に例示されるように、計測用マークMが複数形成されている。ここで、図3(A)には、中央部と四隅部との5箇所のそれぞれに計測用マークMが形成された例が示されており、また、図3(B)には、中央部及び中央部に対して放射状に計測用マークM(ここでは、総計9つ)が形成された例が示されている。図4には、各計測用マークMの構成例が拡大されて示されている。ここで、図4(A)に示された計測用マークMは、ピッチ0.5 $\mu$ mのX方向のラインアンドスペースパターンから成る第1マークM1と、この第1マークを取り囲む幅約2 $\mu$ mの矩形枠状のパターンから成る第2マークM2とから成る複合マークである。また、図4(B)に示された計測用マークMは、幅2 $\mu$ mのラインパターンから成る第1マークM1と、この第1マークM1と5 $\mu$ m程度離間して形成された幅2 $\mu$ mのラインパターンから成る第2マークM2とから成る複合マークである。各計測用マークMは、後述する投影光学系PLの収差の測定に用いられる。また、マーク板FM上には、いわゆるベースライン計測に用いられるベースライン計測用の基準マークや後述するレチクルアライメント用の基準マークその他の各種基準マーク(いずれも図示省略)も設けられている。

【0044】図1に戻り、ウエハステージWSTの側面には、光ファイバ36の一端が接続されている。また、ウエハステージWSTの内部には、光ファイバ36を介して取り込まれる計測用照明光IL'を用いてマーク板FMの前記各計測用マークMを下方から照明するためのレンズ系32、ミラー34が収納されている。すなわち、本実施形態では、光ファイバ36、レンズ系32及びミラー34によって、測定用照明系が構成されている。測定用照明光IL'としては、ここでは露光用照明光ILをビームスプリッタで分割した光を光ファイバ36で取り込んで用いるようになっている。

【0045】更に、本実施形態の投影露光装置100では、不図示の保持部材を介して投影光学系PLに一体的に取り付けられ、ウエハWのZ位置を検出する不図示の斜入射光式の焦点位置検出系が設けられている。この焦点位置検出系としては、例えば特公平8-21531号公報等に開示されたものと同様の構成のものが用いられる。

【0046】この他、本実施形態の投影露光装置100では、ウエハW上の各ショット領域に付設された不図示のアライメントマークを検出するための不図示のオフアクシス方式のアライメント系等も設けられている。

【0047】本実施形態の投影露光装置100では、前述したウエハW上のショット領域に対するレチクルパタ

ーンの転写と、次ショット領域を露光位置(投影光学系PLの直下)に位置決めするステッピング動作とを繰り返すことにより、ステップ・アンド・リピート方式の露光が行われ、ウエハW上の全ショット領域にレチクルパターンが転写されるようになっている。

【0048】次に、本実施形態の投影露光装置100における投影光学系PLの収差測定及びその補正について、説明する。

【0049】まず、主制御装置21がマーク板FM上の計測用マークMの任意の1つが測定用照明系(36、32、34)の光軸AXにほぼ一致する位置まで、不図示のウエハレーザ干渉計システムの計測値をモニタしつつウエハ駆動装置42を介してウエハステージWSTを移動させる。

【0050】次に、主制御装置21では照明系内の不図示のシャッタを開放する。これにより、光ファイバ36を介して取り入れられた測定用照明光IL'(すなわち露光用照明光ILの一部)によってレンズ系32、ミラー34を介してマーク板FMが下方から照明され、このとき各マークM部分から射出された測定用照明光IL'が投影光学系PLによりマーク板FM表面と共役なレチクルRの下面に投射され、各計測用マークM(すなわち第1マークM1と第2マークM2)の像(光像)が結像される。これらの像が、主制御装置21の指示に応じて移動するレチクル顕微鏡12A、12Bにより順次撮像され、その撮像信号が画像処理装置16に供給される。画像処理装置16では、レチクル顕微鏡12A、12Bからの撮像信号に所定の画像処理を施すとともにその処理後のデータを用いて所定の演算を行って第1マークM1の像と第2マークM2の像の位置関係を、各計測用マークMのそれぞれについて順次求める。そして、この位置関係の演算結果が主制御装置21に通知される。

【0051】そして、主制御装置21では、上述のようにして得られた位置関係を用いて所定の演算を行い、例えば、投影光学系PLのコマ収差及び歪曲収差(ディストーション)の少なくとも一方を算出する。

【0052】投影光学系PLの歪曲収差の測定例を、図5を参照して説明する。なお、以下で説明する歪曲収差の測定にあたっては、図4(B)の計測用マークMを使用している。

【0053】まず、上述のようにして、マーク板FM上の計測用マークMの任意の1つを光軸AXにほぼ一致する位置まで移動させる。そして、レチクル顕微鏡12A、12Bによって順次撮像された像に対応する画像信号が画像処理装置16に供給される。

【0054】図5には、レチクル顕微鏡12A、12Bによって撮像された像が示されている。ここで、図5(A)には、計測用マークMが光軸AXにほぼ一致する位置の場合の像M'が示されており、また、図5(B)には、計測用マークMが光軸AXとは異なる位置の場合



の像M"が示されている。像M'の場合には、歪曲収差の影響は殆どない。この像M'の第1マーク像M1'の中心位置と第2マーク像M2'の中心位置との距離が、図5(A)に示されるように距離L'であったとする。また、他の像M"(図3(A)の配置の場合には、像M"が4つあり、図3(B)の配置の場合には、像M"が8つあることになる)における第1マーク像M1"の中心位置と第2マーク像M2"の中心位置との距離が、図5(B)に示されるように距離L"であったとする。このとき、もし、投影光学系PLに歪曲収差が無いと、距離L'と距離L"とは像M"の位置に拘わらず同一となる。また、投影光学系PLに歪曲収差が有ると、距離L'と距離L"との差は、像M"の位置によって変化する。

【0055】従って、画像処理装置16で、像M'に関する距離L'と他の像M"に関する距離L"を計測し、この計測結果が通知された主制御装置21が所定の演算を行うことにより、投影光学系PLの歪曲収差を求めることができる。ここで、求められる歪曲収差の精度を高めるためには、更にウエハステージWSTを移動させながら、レチクル下面の様々な位置に結像される計測用マークMの像M"をレチクル顕微鏡12A、12Bで撮像し、各像M"に関する距離L"を画像処理装置16で計測して主制御装置21に通知し、主制御装置21がこれらの計測結果を使用して投影光学系PLの歪曲収差を求めることにすれば良い。

【0056】なお、以上の投影光学系PLの歪曲収差の測定では、図4(B)に示される計測用マークMを使用した。図4(A)に示される計測用マークMを使用し、例えば矩形棒を形成する第2マークM2の対向する2辺について、それぞれの中心位置間の距離を計測することにしても良い。

【0057】次に、投影光学系PLのコマ収差の測定例を、図6を参照して説明する。なお、以下で説明するコマ収差の測定にあたっては、図4(A)の計測用マークMが図3(B)に示されるような配置で形成されたマーク板FMを使用している。

【0058】まず、上述のようにして、マーク板FM上の計測用マークMの任意の1つを光軸AXにほぼ一致する位置まで移動させる。そして、レチクル顕微鏡12A、12Bによって順次撮像された像に対応する画像信号が画像処理装置16に供給される。

【0059】図6には、レチクル顕微鏡12A、12Bによって撮像された像が示されている。ここで、図6(A)には、計測用マークMが光軸AXにほぼ一致する位置の場合の像M'が示されており、また、図6(B)には、計測用マークMが光軸AXとは異なる位置の場合の像M"が示されている。像M'の場合には、コマ収差の影響は殆どない。この像M'の第1マーク像M1'の中心位置と、第1マーク像M1'の周期方向の一方に存

在する第2マーク像M2'の辺像の中心位置との距離が、図6(A)に示されるように距離L1'であり、また、第1マーク像M1'の中心位置と、第1マーク像M1'の周期方向の他方に存在する第2マーク像M2'の辺像の中心位置との距離が、図6(A)に示されるように距離L2'であったとする。また、他の像M"(図3(B)の配置の場合には、像M"が8つあることになる)における第1マーク像M1"の中心位置と、第1マーク像M1"の周期方向の一方に存在する第2マーク像M2"の辺像の中心位置との距離が、図6(B)に示されるように距離L1"であり、また、第1マーク像M1"の中心位置と、第1マーク像M1"の周期方向の他方に存在する第2マーク像M2"の辺像の中心位置との距離が、図6(B)に示されるように距離L2"であったとする。

【0060】ところで、結像光学系にコマ収差が有ると、ほぼ同一位置にあるライン状のパターン像であってもライン幅が異なるときは、コマ収差が無い場合と比べたラインパターン像の中心位置の変位量がライン幅に応じて異なる。

【0061】すなわち、投影光学系PLにコマ収差が有ると、距離L1'と距離L2'との関係(例えば、距離L1'と距離L2'との比)が、距離L1"と距離L2"との関係(例えば、距離L1"と距離L2"との比)と異なることになる。そして、この関係の相違が、像M"の位置によって変化する。

【0062】従って、画像処理装置16で、像M'に関する距離L1'及びL2'と他の像M"に関する距離L1"及びL2"とを計測し、この計測結果が通知された主制御装置21が所定の演算を行うことにより、投影光学系PLのコマ収差を求めることができる。ここで、求められるコマ収差の精度を高めるためには、更にウエハステージWSTを移動させながら、レチクル下面の様々な位置に結像される計測用マークMの像M"をレチクル顕微鏡12A、12Bで撮像し、各像M"に関する距離L1"及び距離L2"を画像処理装置16で計測して主制御装置21に通知し、主制御装置21がこれらの計測結果を使用して投影光学系PLのコマ収差を求めることにすれば良い。

【0063】なお、上述の投影光学系PLのコマ収差の測定に先立って、歪曲収差等のコマ収差以外の収差の補正を行ってあれば、例えば、前記距離L1'と前記距離L1"との差を像M"の位置毎に計測することにより、投影光学系PLのコマ収差の測定を行うことができる。

【0064】このようにして、投影光学系PLのコマ収差及び歪曲収差の少なくとも一方が求められると、主制御装置21ではこれらの収差が最小となるような5個のレンズ群22、23、24、25、26の移動量(駆動量)を所定の演算により求め、その演算結果に基づいてレンズコントローラ15に指令を与える。これにより、

レンズコントローラ15によって圧電素子27、28、29、30、31がそれぞれ駆動され、投影光学系PLの結像性能が補正される。なお、コマ収差、歪曲収差等を補正するためにレンズ群22、23、24、25、26を駆動すると、付随的にベストフォーカス位置が変動するので、主制御装置21では、上記の演算を行う際に、フォーカスの変動をも算出して、この算出結果に基づいて不図示の斜入射光式の焦点位置検出系のオフセットを設定することが望ましい。

【0065】このようにして、投影光学系PLの収差が補正された後、次のような手順でレチクルRのパターンがウエハW上に順次転写される。

【0066】まず、第1層目（ファーストレイヤ）のパターン転写用のレチクル（便宜上、「レチクルR1」と呼ぶ）がレチクルステージRST上に搭載された状態で、前述したステップ・アンド・リピート方式の露光が行われ、ウエハW上にレチクルR1のパターン及びアライメントマークが順次転写される。この場合、露光用照明光ILと同一波長の測定用照明光IL'を用いて行われた前述した収差測定の結果に基づき投影光学系PLの結像性能が調整された状態で露光が行われるので、ウエハW上にはレチクルR1のパターンが投影光学系PLの縮小倍率に応じて正確に縮小されたパターンが転写される。その後、ウエハWがウエハステージWST上からアンロードされ、不図示のコータ・デベロッパ等で後述するように現像、レジスト塗布等の処理が行われる。

【0067】次に、レチクルステージRST上のレチクルR1が第2層目（セカンドレイヤ）のパターン転写用のレチクル（便宜上、「レチクルR2」と呼ぶ）に交換されるとともに、ウエハステージWST上にウエハWが再びロードされる。続いて露光に先立って次のようにしてレチクルアライメントが行われる。

【0068】すなわち、主制御装置21ではマーク板FM上のレチクルアライメント用基準マークをレチクル顕微鏡12A、12Bで観察可能な位置までウエハ駆動装置42を介してウエハステージWSTを移動し、レチクル顕微鏡12A、12Bを用いてレチクルR2上の一対のレチクルアライメントマークとこれに対応するマーク板FM上の一対のレチクルアライメント用基準マークとをそれぞれ同時に観察する。次に、主制御装置21では画像処理装置16で求められたそれぞれのレチクル顕微鏡12A、12Bで観察されるレチクルアライメントマークと対応するレチクルアライメント用基準マークとのずれが共に最小になるようにレチクル駆動部41を介してレチクルステージRSTをXY面内で微小駆動する。これにより、レチクルアライメントが終了し、レチクルセンタ（レチクルのパターン領域の中心）が、投影光学系PLの光軸にはば位置決めされ、かつマーク板FM上に設けられたベースライン計測用基準マークにはば一致した状態となる。

【0069】次に、主制御装置21ではウエハステージWSTを所定方向に所定量移動し、オフアキス方式のアライメント系を用いて上記ベースライン計測用基準マークを検出し、アライメント系の検出中心とベースライン計測用基準マークとの位置ずれ量を求め、これに設計上のベースライン量（投影光学系の光軸中心とアライメント系の検出中心との設計上の距離）を加算して実際のベースライン量を求める。すなわち、このようにしてベースライン計測を行う。

【0070】ベースライン計測の終了後、いわゆるEGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）等のアライメント処理が行われた後、そのアライメント結果に基づいて、ウエハW上の各ショット領域が露光位置、すなわちレチクルR2のパターンの投影位置に順次位置決めされ、レチクルR2のパターンがウエハW上の各ショット領域に順次転写される。この際にも、前述の如く、露光用照明光ILと同一波長の測定用照明光IL'を用いて行われた前述した収差測定の結果に基づき投影光学系PLの結像性能が調整された状態で露光が行われるので、ウエハW上にはレチクルR2のパターンが投影光学系PLの縮小倍率に応じて正確に縮小されたパターンが転写され、高精度な重ね合わせを実現できる。その後、第3層目以降の処理が上述と同様にして繰り返行われる。

【0071】以上詳細に説明したように、本実施形態によると、露光用照明光ILと同一波長の計測用照明光IL'を用いてウエハステージWST上に設けられたマーク板FM上の計測用マークMを投影光学系PLを介してレチクルRの下面に投影し、該レチクルRの下面に形成された計測用マークMの拡大像に含まれる第1マークM1の像と第2マークM2の像との相対位置をレチクル顕微鏡12A、12Bを用いて計測するので、デバイスルールが微細化し、例えば0.25 $\mu$ mより小さい0.17 $\mu$ m以下となっても上記の相対位置を高精度に計測することが可能となり、これに基づいて投影光学系PLの収差（例えば、コマ収差、歪曲収差等）を高精度に求めることが可能となる。

【0072】また、本実施形態では上で求めた投影光学系PLの収差を補正するように主制御装置21によりレンズコントローラ15に指令が与えられ、レンズコントローラ15によって結像性能調整機構14を構成する各レンズ群が制御され、これにより投影光学系PLの高精度な収差補正が自動的に行われる。

【0073】そして、この収差が高精度に補正された投影光学系PLを用いてレチクルパターンがウエハW上に順次転写されるので、線幅制御性及び重ね合わせ精度を含む露光精度の向上も可能となる。

【0074】なお、図3に示されるマーク板FM上の計測用マークMの配置、及び図4に示される計測用マークを構成する各マークM1、M2の配置、形状等は一例で

あって、本発明がこれに限定されないことは勿論である。例えば、計測用マークを構成する第1マーク、第2マークは所定方向（例えばX方向）に並んだ線幅の異なる2種類のラインアンドスペースパターンのそれぞれであっても良い。また、図4のマーク構成において第1マークM1を構成するマルチバーマークのそれぞれが線幅がそれぞれ異なっているとしても良い。

【0075】また、測定用照明光は、必ずしも露光用照明光と同一波長である必要はなく、これとある程度波長が近い光であれば良い。

【0076】なお、上記実施形態では、本発明に係る投影光学装置、収差測定方法、及び投影方法がステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置に適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されることはなく、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置等にも同様に適用でき、同様の効果を得られることは言うまでもない。また、本発明に係る投影光学装置及び収差測定方法は、露光装置に限らず、縮小投影光学系の収差を測定する必要がある装置であれば好適に適用できるものである。

《デバイス製造方法》

【0077】次に、上述した投影露光装置100及び投影方法（露光方法）をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0078】図7には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図7に示されるように、まず、ステップ201（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ202（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ203（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0079】次に、ステップ204（ウエハ処理ステップ）において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205（デバイス組立ステップ）において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

【0080】最後に、ステップ206（検査ステップ）において、ステップ205で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0081】図8には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されてい

る。図8において、ステップ211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0082】ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ215（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上記説明した露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ217（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0083】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返すことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0084】以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ216）において上記の投影露光装置100及びその投影方法が用いられるので、投影光学系PLの収差を高精度に補正した状態で、線幅制御性が良く、かつ重ね合わせ精度の良好な露光が行われ、従来製造が困難であった高集積度のデバイスを歩留まり良く製造することが可能となり、該デバイスの生産性を向上させることができる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1～6に記載の各発明によれば、投影光学系の諸収差をより高精度に測定することができるという優れた投影光学装置を提供することができる。

【0086】また、請求項7～10に記載の各発明によれば、投影光学系の諸収差を高精度に測定するとともに、その測定結果に基づいて投影光学系の収差を調整し、第1物体のパターンを第2物体に精度良く投影することができる投影光学装置を提供することができる。

【0087】また、請求項11～13に記載の各発明によれば、投影光学系の諸収差をより高精度に測定することができる収差測定方法が提供される。

【0088】また、請求項14～17に記載の各発明によれば、投影光学系の諸収差を高精度に測定するとともに、その測定結果に基づいて投影光学系の収差を調整

し、第1物体のパターンを第2物体に精度良く投影することができる投影方法が提供される。

【0089】さらに、請求項18に記載の発明によれば、高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施の形態に係る投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の結像性能補正機構の構成を示す部分断面図である。

【図3】図1のマーク板の一例の概略平面図である（(A)、(B)）。

【図4】図3のマーク板上の計測用マークの一例を示す図である（(A)、(B)）。

【図5】歪曲収差の測定方法を説明するための図である（(A)、(B)）。

【図6】コマ収差の測定方法を説明するための図である（(A)、(B)）。

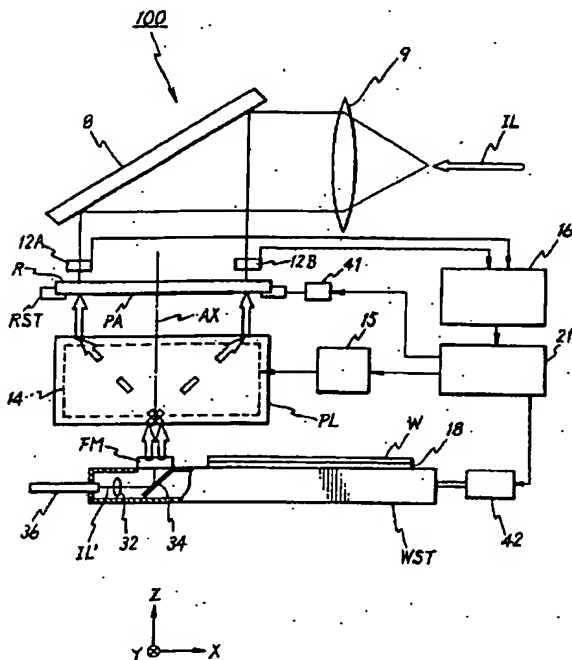
【図7】本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図8】図7のステップ204における処理を示すフローチャートである。

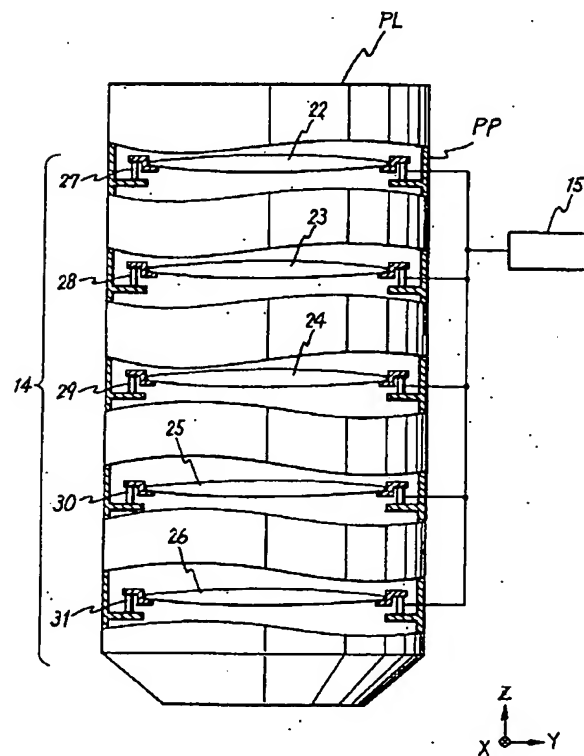
【符号の説明】

- 8 折り曲げミラー（露光用照明系の一部）
- 9 コンデンサレンズ系（露光用照明系の一部）
- 12A、12B レチクルアライメント顕微鏡（光検出器）
- 14 結像特性調整機構（結像特性調整装置の一部）
- 15 レンズコントローラ（結像特性調整装置の一部）
- 16 画像処理装置（処理装置）
- 21 主制御装置（結像特性調整装置の一部）
- 32 レンズ（測定用照明系の一部）
- 34 ミラー（測定用照明系の一部）
- 36 光ファイバ（測定用照明系の一部）
- 100 投影露光装置（投影光学装置）
- IL 露光用照明光
- IL' 測定用照明光
- W ウエハ（第2物体）
- WST ウエハステージ（ステージ）
- PL 投影光学系
- R レチクル（第1物体）
- M1 第1マーク
- M2 第2マーク
- M 測定用マーク（複合マーク）
- FM マーク板

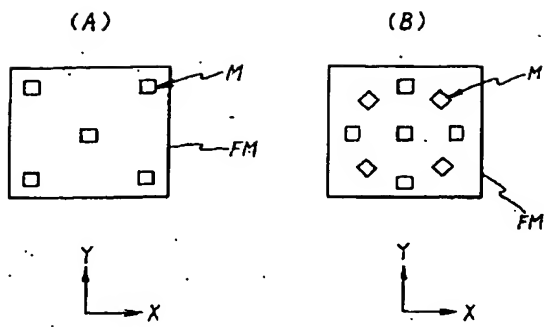
【図1】



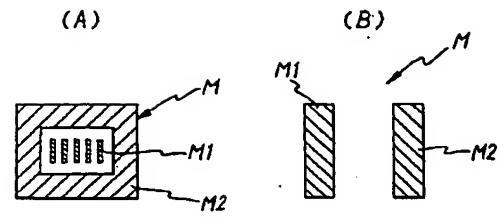
【図2】



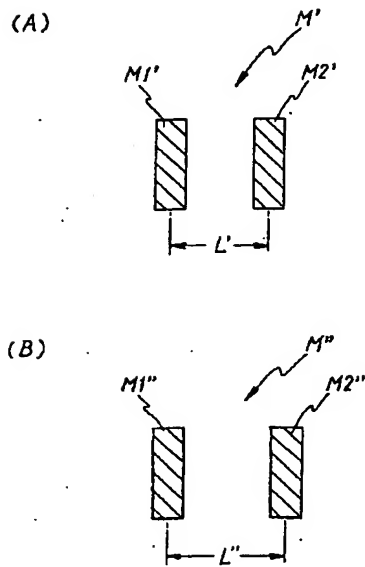
【図3】



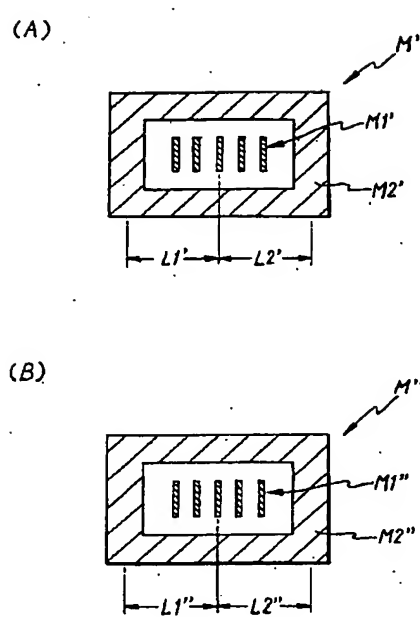
【図4】



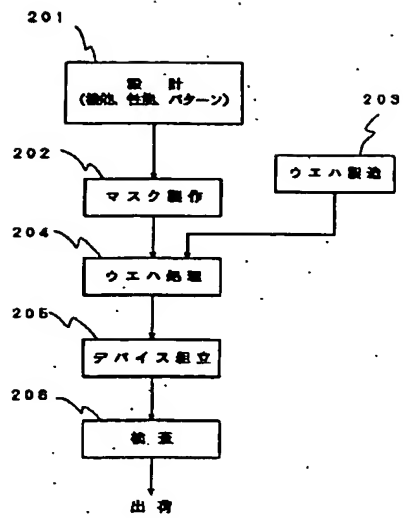
【図5】



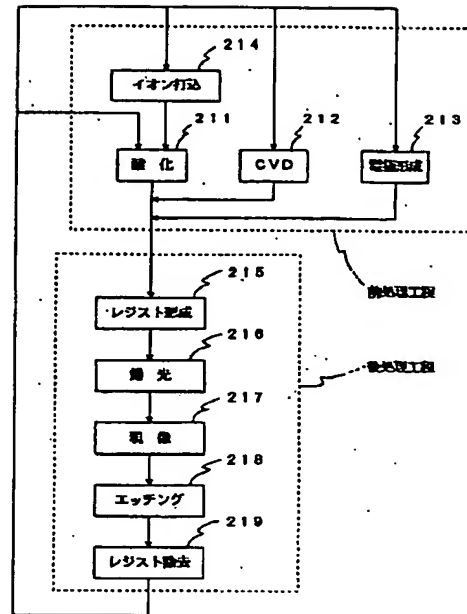
【図6】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**